

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**BEST AVAILABLE COPY**

**Aktenzeichen:** 102 54 527.8

**Anmeldetag:** 22. November 2002

**Anmelder/Inhaber:** Multibrid Entwicklungsgesellschaft mbH,  
92318 Neumarkt/DE

**Bezeichnung:** Verfahren zur verlustarmen Drehmomentüberleitung  
in Planetengetrieben

**IPC:** F 16 H 57/12

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 23. Januar 2004  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Hintermeier

**Zusammenfassung.**



3

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Drehmomentübertragung in einem 2 – 6 Planeteneinheiten aufweisenden Planetengetriebe.

Die Anordnung und das Zusammenwirken einzelner Getriebeelemente in Verbindung mit einem Verfahren zu deren Montage und Justierung ergeben eine geräusch- und verlustarme Drehmomentübertragung bei gleichmäßiger Lastaufteilung auf die einzelnen Planeteneinheiten.

## Verfahren zur verlustarmen Drehmomentüberleitung in Planetengetrieben

- 5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur verlust- und geräuscharmen Übertragung  
des mit niedriger Drehzahl über eine Einleitwelle in ein Getriebe eingeleiteten  
Drehmoments auf eine Abtriebswelle vergleichsweise hoher Drehzahl in einem  
einstufigen, mehrere Planeteneinheiten aufweisenden Planetengetriebe.
- 10 Mechanische Getriebe dienen dazu, ein über eine Antriebswelle eingeleitetes  
Drehmoment in Erfüllung verschiedener Randbedingungen möglichst verlustfrei,  
betriebssicher und kosteneffizient auf eine Abtriebswelle zu überführen.  
Vorgegebene Randbedingungen betreffen die Baumaße, bzw das verfügbare  
Raumangebot, die Größe des zu übertragenden Momentes, die vorgegebenen
- 15 Wellendrehzahlen bei der Ein- und Ableitung, aber auch den Grad der  
Geräuscharmheit, der Betriebssicherheit, gleichmäßiger Auslastung sowie die  
Forderung nach konstruktiver Auslegung für eine einfache Montage und Wartung  
des Getriebes.
- 20 Leistungsverluste in langsam laufenden Getrieben sind überwiegend  
Reibungsverluste, verursacht durch axiale und/oder radiale Kräfte zwischen  
kämmenden Zahnrädern und an Wellenlagern.

Es ist daher der Bedeutung entsprechend eine Vielzahl von Vorschlägen zur Minimierung von Drehmomentverlusten in Getrieben bekannt, wobei die oben angesprochenen, zu berücksichtigenden Randbedingungen zu Kompromissen zwingen.

5

Getriebezahnräder sind gerad- oder schrägverzahnt ausgeführt. Zur Kompensation von Axialkräften und zur Minimierung von Leistungsverlusten in Lagern werden Schrägverzahnungen als Doppel- oder Pfeilverzahnungen ausgeführt, d.h. ein Zahnrad, bzw. eine Zahnradeneinheit weist zwei aneinandergrenzende, angeschrägte Zahnhälften oder zwei, eine Einheit bildende, im Zahnbereich entsprechend angeschrägte Halbräder auf.

15

Eine eigene Gruppe von Getrieben umfasst die Stufenplaneten. Darunter versteht man Getriebe mit ein- oder zwecks Drehmoment-, bzw. Lastaufteilung vorzugsweise mehreren Planeteneinheiten, die sich um ihre eigene Planetenwelle drehen und die gegebenenfalls zusätzlich die Welle einer zur Planeteneinheit zentralen Getriebekomponente mit einem Sonnenritzel umkreisen (Standgetriebe / Umlaufgetriebe). Die Planeteneinheit wirkt im Getriebe stets mit einer momentenleitenden und einer momentabtreibenden Getriebekomponente

20

zusammen, beispielsweise mit einem Hohlrad und einem Sonnenritzel. Auf der Welle einer Planeteneinheit sind, voneinander beabstandet und zueinander drehfest angeordnet, zwei Zahnräder, bzw. Zahnradeneinheiten unterschiedlicher Zähnezahl. Stufenplanetengetriebe ermöglichen eine höhere Übersetzung in einer Getriebestufe als Planetengetriebe mit Einfachplaneten. Sie weisen auch weniger Teile auf als

25

echte zweistufige Planetengetriebe und werden deshalb eingesetzt. Für eine

3  
kompakte Bauweise werden die Planetengetriebe üblicherweise mit Leistungsverzweigung ausgeführt.

Bei hohen Ansprüchen an die Laufruhe von Stufenplanetengetrieben werden die Zähne der Zahnräder vielfach schrägverzahnt ausgeführt. Einfache Schrägverzahnungen führen bei der Drehmomentübertragung zu unerwünschten Axialkräften zwischen den kämmenden Zahnrädern. Als Gegenmaßnahme ist es bekannt, durch die Wahl der Schrägungsrichtung und der Größe des Schrägungswinkels von zwei, auf einer Planetenwelle für die Lasteinleitung und den Lastabtrieb sitzenden Planetenzahnrädern die auftretenden Axialkräfte zu kompensieren und damit die resultierende Axialkraft einer Planeteneinheit möglichst klein zu halten. In einer Planeteneinheit nicht kompensierte Axialkräfte und Kippmomente müssen in den Wellenlagern der Planeteneinheit aufgenommen werden.

15 Beim Zusammenwirken von schrägverzahnten Planeteneinheiten mit einer An- oder Abtriebskomponente des Getriebes werden stets erhebliche Axialkräfte auf diese übertragen, besonders auch in den praxisnahen Fällen, wo zur Leistungsverzweigung zwei und mehr Planeteneinheiten eingesetzt werden. Hohe Axialkräfte erfordern, vor allem bei der Lagerung schnell drehender Getriebekomponenten, z.B. der Abtriebskomponente mit Sonnenritzel, das zudem meist noch radial frei einstellbar gestaltet ist, erheblichen baulichen Aufwand hinsichtlich Lagergröße und Lagerausführung zur Aufnahme der Axialkräfte. Unerwünschte Leistungsverluste in den Lagern sind die Folge.

25 In den einzelnen Planeteneinheiten innerhalb eines Stufenplanetensatzes bedarf es zur gleichmäßigen Lastaufteilung auf die einzelnen Planeteneinheiten bei

gleichzeitiger Kompensation von Axialkräften einer sehr genauen Abstimmung der Winkelstellungen (Zahnschräge, Winkelposition auf Planetenwelle) der einzelnen Zahnräder. Das erfordert erheblichen Aufwand bei der Fertigung und/oder bei der Montage. Zudem haben, beispielsweise durch ungleichmäßige Wärmeausdehnung hervorgerufen, axiale Abstandsänderungen zwischen zwei, auf verschiedenen Wellen in einem Getriebe kämmenden Zahnräder mit einfacher Schrägverzahnung erheblichen Einfluss auf die Lastaufteilung auf die einzelnen, um eine Zentraleinheit angeordnete Planeteneinheiten.

Die beiden, voneinander beabstandeten Zahnräder oder Doppelzahnrad einer Planeteneinheit werden bis heute entweder einheitlich geradverzahnt oder einheitlich schrägverzahnt, bzw. doppelt schrägverzahnt. Nur für diese Ausführungsvarianten liegen ausreichende Erfahrungen zu den Getriebeeigenschaften vor, auf die der Fachmann zurückgreifen kann.

In Anwendung dieser, dem Fachmann geläufigen Grundkenntnisse zur Auslegung eines Planetengetriebes und dessen Auswirkung auf Axialkräfte, Leistungsverluste und Lastverzweigung konzentrierten sich in der Vergangenheit die Bemühungen darauf, entweder die unvermeidlichen Kräfte in möglichst verlustarmen Wellenlagern aufzufangen und/oder dafür möglichst platzsparende, die Getriebeabmessungen wenig belastende Konstruktionen vorzuschlagen, oder aber Maßnahmen zu setzen, um Axialkräfte möglichst von den Wellenlagern fern zu halten, d.h. zu kompensieren und damit technisch aufwändige und gleichwohl meist reparaturanfällige Lager überflüssig zu machen.

Ein Beispiel für erstere Bemühungen ist die DE 199 17 605 A1. Sie betrifft ein auf eine Antriebswelle aufsteckbares Getriebe mit mehrstufiger Planetenanordnung. Der Kraft-, bzw. Momenteintrieb erfolgt über ein innenverzahntes Hohlrad auf eine erste Planetenstufe mit gehäusefester Welle. Entsprechend dieser technischen Vorgaben

5 betrifft die dortige erfinderische Lehre eine platzsparende Lagergestaltung für die Einleitwelle, einschließlich dem auf dieser kraft- u/o formschlüssig aufgebrachten Hohlrad.

Aus der Vielzahl vorbekannter Druckschriften mit Maßnahmen zur Kraftkompensation und / oder Lastaufteilung in Planetengetrieben werden die folgenden stellvertretend skizziert.

Zur Begrenzung der nicht kompensierten Axialkräfte auf der An- und die Abtriebswelle eines Getriebes und um die Lagerung der einzelnen Planeteneinheiten

15 eines Stufenplaneten möglichst axialkraftfrei zu halten, wird in der Patentschrift DE 4017226 A1 die Ausgestaltung eines Getriebes mit mindestens drei, gleichmäßig über den Umfang verteilten Planeteneinheiten vorgeschlagen, wobei die durchgängig

als Doppelverzweigungsräder ausgestalteten Zahnräder einer Planeteneinheit über eine axialelastische Kupplung miteinander verbunden sind. Diese bereits technisch

20 aufwändige Ausgestaltung erfordert zusätzlich eine axialelastische Anschlusskupplung für die An- und/oder die Abtriebswelle, da sich, je nach der unvermeidlich variablen Stellung der Zahnräder zueinander, der Abstand zwischen beiden Wellen variiert und das Getriebe andernfalls nach außen hin nicht axialkraftfrei ist. Der enorme Aufwand zweier Doppelschrägverzahnungen in

25 Kombination mit der großen Anzahl elastischer Kupplungen ist allenfalls bei

leistungsverzweigten Standgetrieben ohne Hohlrad und/oder bei hohen Umfangsgeschwindigkeiten wirtschaftlich vertretbar.

Die DE 39 23 430 C2 beschreibt ein doppelt schrägverzahntes Stirnrad mit Pfeilverzahnung für ein Planetengetriebe mit einer einzelnen Planeteneinheit, das zur einfacheren Fertigung als zwei Einzel-, bzw. Halbräder mit gegenläufigem, aber gleichem Schrägungswinkel ausgeführt ist. Die beiden Halbräder werden in einem eigenen Arbeitsgang drehfest und profilkonform miteinander verbunden. Dies geschieht mit Hilfe einer Pressölverbindung am Verbindungspresssitz der beiden Halbräder, die sich auf diese Weise durch Verdrehen auf eine gemeinsame Mittelebene justieren lassen. Das Resultat ist eine Symmetrieeinstellung zweier Zahnradhälften mit hohem technisch konstruktiven Aufwand. Die Aufgabe einer gleichmäßigen Lastverteilung auf verschiedene Planeteneinheiten stellt sich mangels mehrerer Planeteneinheiten nicht.

15

Die DE 199 61 695 A1 betrifft ein Planetengetriebe, wie vorstehend ohne Lastverteilung auf mehrere Planeteneinheiten, mit einem doppelschrägverzahnten, fest gelagerten Festrad, das mit einem entsprechend verzahnten Losrad kämmt, wobei die Zähne jeder der beiden Teilbereiche der Doppelschrägverzahnung derart unterschiedliche Schrägungswinkel aufweisen, dass die beim Kämmen dieser Doppelzahnräder gezielt aufgebauten, resultierenden axialen Kraftkomponenten derjenigen, in entgegengesetzter Richtung wirkenden entspricht, die über das Losrad der Abtriebswelle in das Getriebe eingebracht wird – beispielsweise im Fall einer nur einfachen Schrägverzahnung des auf derselben Welle mit dem Losrad zusammen drehenden zweiten Zahnrad. In der Praxis kann dieser Ausgleich jedoch nur dafür sorgen, dass die Losradwelle nach außenaxialkraftfrei ist, beide

25



11

Doppelschrägverzahnungen zueinander zentriert und gleich beansprucht sind. Die für eine Kräftekompensation zusätzliche Erschwernis einer gleichmäßigen Lastaufteilung auf mehrere Planeteneinheiten besteht nicht.

- 5 Der Erfindung liegt damit die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und ein dafür geeignetes Stufenplanetengetriebe vorzuschlagen, das eine verlust- und geräuscharme Überleitung eines mit niedriger Wellendrehzahl eingeleiteten Drehmomentes auf eine vorzugsweise koaxial ausgerichtete Abtriebswelle mit zur Einleitwelle vergleichsweise hoher Drehzahl erlaubt und das die Nachteile der oben beschriebenen Verfahren und Getriebeausgestaltungen nicht aufweist oder weitestgehend verhindert. Aufgabe ist daher ein wirtschaftliches Verfahren und sind kostengünstige konstruktive Vorrichtungen zur möglichst vollständigen Kompensierung von Axialkräften in einem last-, bzw. leistungsverzweigten Getriebe mit gleichmäßiger Lastaufteilung auf die einzelnen Planeteneinheiten zu finden.

15

Gelöst wird diese eingangs genannte Aufgabe erfindungsgemäß mittels eines Verfahrens gemäß der kennzeichnenden Merkmale von Anspruch 1. Ein dazu geeignetes Getriebe weist die Merkmale von Anspruch 11 auf.

- 20 Einzelne bevorzugte Ausgestaltungen des Verfahrens sind in den Unteransprüchen beschrieben.

Bevorzugte Ausgestaltungen von Planetengetrieben zur Durchführung des Verfahrens sind in den Figuren 1a und 1b wiedergegeben.

- 25 Fig. 1a stellt einen Teilbereich des erfindungsgemäßen Getriebes als Schnitt durch den Wellenmittelpunkt der koaxialen An- und Abtriebswelle dar. Die Anordnung der

Zahnräder einer Planeteneinheit erfolgt in dieser Ausführung zwischen den beiden Wellenlagern im Planetenträger.

Fig. 1b zeigt ein erfindungsgemäßes Getriebe in zu Fig. 1a identischer Darstellung, jedoch mit der Anordnung eines der beiden Zahnräder, bzw. Doppelzahnrad außerhalb der beiden Wellenlager, d. h. mit fliegender Anordnung des Doppelzahnrad bezogen auf die örtliche Lage der Lager auf der Planetenwelle.

Figur 1a zeigt ein um die Achse (L) achssymmetrisch aufgebautes Planetengetriebe mit koaxialer Einleit- (8) und Abtriebswelle (9) in einer solchen Schnittebene, dass eine von mehreren um das Sonnenritzel 4) der Abtriebswelle (9) angeordneten Planeteneinheiten (1) dargestellt wird. Die Planeteneinheit (1) ist mittels zweier Lager (6) in Radialrichtung fix, in Axialrichtung beweglich in einem Planetenträger (7) gelagert und besitzt ein aus zwei Halbrädern (5a) (5b) aufgebautes Doppelzahnrad (5); sowie ein geradverzahntes Zahnrad (3). Die gegenläufige Schrägverzahnung in den Halbrädern (5a) und (5b) ist angedeutet. Die Halbräder sind zueinander beabstandet ausgeführt. Es wurde gänzlich darauf verzichtet, eine der vielen, dem Fachmann geläufigen Vorrichtungen zu zeigen, mittels derer in jeder Planeteneinheit das zweite gegenüber dem ersten Halbrad in Achsrichtung u/o durch Verdrehen um die Achse gegeneinander justierbar und anschließend arretierbar ist. Einzelne Ausführungsvarianten für derartige Vorrichtungen sind weiter unten beschrieben. Das Sonnenritzel (4) mit zum Doppelzahnrad (5) korrespondierender Schrägverzahnung ist auf der Abtriebswelle (9) als form- u/o stoffschlüssige Zahnradeneinheit ausgestaltet.

10 Das Hohlrad (2) ist als mit der Antriebswelle (8) als form- u/o stoffschlüssige Einheit ausgebildet.

In Figur 1b ist als einziger Unterschied zu Fig. 1a die Planetenwelle einer Planeteneinheit mit fliegender Anordnung des Doppelzahnrad (5) im Planetenträger (7) gelagert, und zwar bei freier axialer Beweglichkeit zwischen Planetenwelle und Lager (6).

Bisher war es für den Fachmann das nicht in Frage gestellte Mittel der Wahl bei Planetengetrieben, bei welchen die Momenteneinleitung in eine Planeteneinheit über ein Hohlrad erfolgt, die dabei kämmenden Zahnräder aus Gründen der Geräusch- und Schwingungsreduzierung mit Schrägverzahnungen auszuführen.

Überraschenderweise lassen sich diese mit dem Hohlrad kämmenden Planetenzahnräder gemäß Erfindung ohne Nachteile für die Geräusch- und Schwingungseigenschaften mit Geradverzahnung ausgestalten. Eine Erklärung dafür dürfte die Kombination von sowohl niedriger Drehzahl der Einleitwelle als auch hohem Profilüberdeckungsgrad beim Zahneingriff eines Hohlrades mit den Planetenzahnradern aller Planeteneinheiten gemäß Erfindung sein. Für diese günstigen Geräuscheigenschaften förderlich oder gar unverzichtbar ist die gleichzeitige erfindungswesentliche Ausgestaltung einer Doppelschrägverzahnung und weiters die erfindungsgemäße Justierbarkeit der Halbräder des Doppelzahnrad aller Planeteneinheiten, welche mit dem Sonnenritzel kämmen. Der sich einstellende Vorteil ist besonders bemerkenswert, weil beim Sonnenritzel ein für die Geräuscherzeugung ungünstiger Zustand niedrigen Profilüberdeckungsgrades vorliegt.

Bei der Auslegung des Sonnenritzels ist dessen Ausgestaltung mit Schräg-, bzw. Doppelschrägverzahnung zwingend geboten. Zum einen liegt beim Sonnenritzel die Zahnumfangsgeschwindigkeit gegenüber der beim Zahneingriff von Hohlrad mit

dem Planetenzahnrad deutlich höher und zwar um das Verhältnis der Wälzkreise der beiden gleichdrehenden Zahnräder einer Planeteneinheit, zum anderen ist die Profilüberdeckung hier klein im Vergleich zur Situation beim Zahneingriff Hohlrad/Stufenplanet, da es sich beim Sonnenritzel um ein Außenzahnrad mit regelmäßig großer Zähnezahldifferenz zum kämmenden Zahnrad der Planeteneinheit handelt. Allein bezüglich der Geräuschentwicklung ist die Doppelschrägverzahnung der Einzelschrägverzahnung vergleichbarer Baubreite gleichwertig.

Die axiale Positionierung von Planeteneinheiten (1) und Sonnenritzel (4) zueinander wird entweder durch eine ortsfeste Lagerung des Sonnenritzels (4) bestimmt, oder aber durch die ortsfeste Lagerung nur einer von mehreren Planeteneinheiten (1), dies in Verbindung mit der Justierung der Halbräder der übrigen Planeteneinheiten.

15 Die Ausrichtung, bzw. Justierung der beiden Halbräder (5a, 5b) des Doppelzahnrad erfolgt in Form einer relativen Verdrehung und/oder mittels Axialverschiebung der Halbräder zueinander.

Nach einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung sind die beiden Halbräder reibschlüssig verschraubt. Die Schraubenschäfte weisen Spiel in den Durchgangsbohrungen auf. Die Justierung der Zahnstellungsstellung der beiden Halbräder erfolgt durch deren relative Verdrehung innerhalb des Spiels der Schraubenschäfte in den Durchgangsbohrungen.

Jede axiale Abstandsänderung der Halbräder zueinander bedeutet gleichzeitig eine relative Verdrehung der Zahnpositionen zueinander. Eine Justierung mittels

25 Axialverschiebung der Halbräder (5a, 5b) zueinander erfolgt nach einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung über das Einlegen von Abstimmblechen.

11  
zwischen den Halbrädern auf der Planetenwelle zur Erzielung einer gleichmäßigen  
Anlage der Zahnflanken beider Halbräder.

Die Möglichkeit des Justierens mittels entsprechender Elemente und Vorrichtungen  
ergibt einen weiteren Vorteil. Sie erlaubt eine weniger exakte und damit

5 preisgünstigere Fertigung der einzelnen Getriebe-Zahnräder und Komponenten.

Dies um so mehr, wenn beide oben beschriebenen Justierverfahren kombiniert  
werden.

Die Justierung der beiden Halbräder (5a, 5b) des Doppelzahnrad einer  
Planeteneinheit zueinander muss im Bereich der Teilungsgenauigkeit der Zahnräder  
selbst liegen, um bei mehreren Planeteneinheiten (1) eine gleichmäßige  
Lastverteilung auf die einzelnen Einheiten zu erzielen.

Die Justierung erfolgt bei der Montage und zwar je nach den vorliegenden  
Gegebenheiten an der bereits eingebauten Planeteneinheit oder außerhalb des  
15 Getriebes auf einer dafür bereitstehenden, dem Planetenträger nachgebildeten  
Justiereinrichtung. Letzteres bedeutet allerdings die Überprüfung des gleichmäßigen  
Zahntragens in Getriebe. Die mit der Justierung regelmäßig einhergehende

Änderung der axialen Lage einer Planeteneinheit (1) gegenüber dem Hohlrad (2) –  
im Falle des axial festgehaltenen Sonnenritzels (4) – stört indes nicht, da die

20 Geradverzahnung des Planetenzahnrad (3), das im Eingriff mit dem Hohlrad (2)  
steht, bei einer Axial-, bzw. Längsverschiebung dieser beiden Zahnradeinheiten auf  
einer Welle relativ zueinander, anders als im Falle einer Schrägverzahnung keine  
Drehwinkeländerung zueinander hervorruft. Bei einmal auf optimale Kraftaufteilung  
hin justierten Verzahnungsstellungen der einzelnen Planeteneinheiten, führt eine

25 Längenänderung der Welle zwischen den Zahnräder einer einzelnen, aber auch  
zwischen denen verschiedener Planeteneinheiten, zu keiner Änderung der

Lastaufteilung auf die einzelnen Zahnkontakte. Auch muss bei Ausgestaltung der Erfindungsmerkmale die Stellung der Zahnteilung des ersten Halbrads (5a) des Doppelzahnrad (5) zu derjenigen des Zahnrads (3) mit Geradverzahnung nur soweit zugeordnet werden, dass es beim Betrieb zu keinem axialen Anlaufen von

- 5 Zahnrädern kommt und dass alle Zahnräder über ihre ganze Breite tragen. Um dies zu gewährleisten, wird entsprechend bekannter Getriebeausgestaltungen eines der jeweils kämmenden Zahnräder breiter ausgeführt als das andere und es werden die Halbräder des Doppelzahnrad nicht unmittelbar aneinander gelegt, sondern sie besitzen einen axialen Spalt zwischeneinander.

- Bei der fliegenden Anordnung der Doppelschrägverzahnung nach Figur 1b ist eine Montage einschließlich der Justierung der Doppelschrägverzahnung immer vergleichsweise einfach möglich. Eine Anordnung mit der Lagerung einer Planetenwelle beiderseits außerhalb der Zahnräder entsprechend Figur 1a kann ,
- 15 unter anderem bei kleinem Durchmesser des Doppelzahnrad, die Montage und anschließende Justierung im Getriebe deutlich erschweren. Deshalb kann das erfindungsgemäße Getriebe nach einer weiteren bevorzugten Ausführung einen solcherart geteilten Planetenträger (7) besitzen, dass die außerhalb des Getriebes bereits vorjustierten Planeteneinheiten für eine probeweise Lagerung und
- 20 Überprüfung der Zahnstellung gegenüber den bereits eingebauten und justierten Planeteneinheiten, sowie für eine nochmalige Herausnahme und Nachjustierung, jeweils radial zur Planetenwelle in die Lager (6) im Planetenträger (7) eingelegt werden können.

- 25 Bei einer bevorzugten Ausgestaltung zur Durchführung des erfinderischen Verfahrens wird die Planetenwelle in ihrem Profil entsprechend dem

geradverzahnten Planetenzahnrad gestaltet. Diese Profilform wird über die Breite des Zahneingriffs mit dem Hohlrad hinaus und dort mit gekürzten Zahnköpfen fortgeführt und es werden auf die so gezahnte Planetenwelle die Halbräder des Doppelzahnrad mit geometrisch entsprechendem Innenprofil aufgesteckt, justiert und arretiert.

Die Justierung der Halbräder erfolgt in diesem Fall nur durch Veränderung und Abstimmung des axialen Abstandes der beiden Halbrädern des Doppelzahnrad zueinander.

Das erfindungsgemäße Verfahren lässt sich insbesondere bei Planetengetrieben für Windkraftanlagen verwenden, ist aber nicht auf diese Anwendung beschränkt.

Für den Fachmann leicht nachvollziehbar, lassen sich gleiche Wirkungen und Vorteile erzielen, wenn die An- und Abtriebswelle in ihrer Funktion vertauscht

werden, das heißt, wenn ein Drehmoment mit hoher Wellendrehzahl in die jetzt als Antriebswelle dienende Abtriebswelle eingeleitet und mit niedriger Wellendrehzahl über die bisherige Antriebswelle, jetzt Abtriebswelle abgeleitet wird. Die letztere Form der Drehmomentüberführung ist eine gleichfalls bevorzugte Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur verlust- und geräuscharmen Überleitung eines mit niedriger

Wellendrehzahl in ein Getriebe eingeleiteten Drehmomentes auf eine

5 Abtriebswelle vergleichsweise hoher Drehzahl in einem einstufigen

Planetengetriebe mit mehreren Planeteneinheiten,

dadurch gekennzeichnet, dass

das eingeleitete Drehmoment über ein innen geradverzahntes Hohlrad auf 2 – 6,

im Planetenträger zueinander radial fix gelagerte Planeteneinheiten und von dort

10 auf ein gegenläufig schrägverzahntes Sonnenritzel einer Abtriebswelle

übertragen wird,

dass zunächst das mit dem Hohlrad kämmende, geradverzahnte

Planetenzahnrad und eines der beiden gegenläufig schrägverzahnten Halbrädern

eines mit dem Sonnenritzel kämmenden Doppelzahnrad einer jeden

Planeteneinheit auf der Planetenwelle ortsfest miteinander verbunden werden

und dass mit der Montage der einzelnen Planeteneinheiten in die Lager des

Planetenträgers das jeweils zweite gegenüber dem ersten Halbrad mittels

Vorrichtungen zur Axial- u/o Drehverschiebung in eine Lage vorbestimmter

Zahntragung und Lastaufteilung zwischen den einzelnen Planeteneinheiten

20 gebracht und in dieser Lage arretiert wird.



2. Verfahren zur Drehmomentüberleitung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Axial- u/o Drehverschiebung des zweiten Halbrads nacheinander an jedem der einzelnen Planeteneinheiten durchgeführt wird.

5

3. Verfahren zur Drehmomentüberleitung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Lagezuordnung des ersten zum zweiten Halbrad des Doppelzahnrad über eine Verdrehung gegeneinander erfolgt.

- 10 4. Verfahren zur Drehmomentüberleitung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Lagezuordnung des ersten zum zweiten Halbrad des Doppelzahnrad über eine axiale Relativverschiebung erfolgt.

5. Verfahren zur Drehmomentüberleitung nach Anspruch 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das zweite Halbrad nach der Lagezuordnung kraft- u/o formschlüssig mit der Planetenwelle u/o dem ersten Halbrad verbunden und dort arretiert wird.

6. Verfahren zur Drehmomentübertragung nach Anspruch 1, 2 und 4, dadurch gekennzeichnet, dass das zweite gegenüber dem ersten Halbrad axial federnd arretiert wird.
- 20

7. Verfahren zur Drehmomentüberleitung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass als Federelement Tellerfedern verwendet werden.

8. Verfahren zur Drehmomentüberleitung nach Anspruch 1 und 4 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Verzahnungsprofil des geradverzahnten Planetenzahnrads kopfgekürzt als Wellenprofil zur axialen Führung eines oder beider Halbräder mit entsprechendem Innenprofil auf der Welle verwendet wird.

9. Verfahren zur Drehmomentüberleitung nach Anspruch 1, 2, 4 und 5, dadurch gekennzeichnet, dass das zweite gegenüber dem ersten Halbrad durch Einlegen von Abstimmblechen zwischen den Halbrädern in Axialrichtung justiert wird.

10. Verfahren zur Drehmomentüberleitung nach Anspruch 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass in einen geteilten Planetenträger die Planeteneinheiten radial zur Achsrichtung der Planetenwelle in ihre Lagerstellen eingelegt werden.

11. Einstufiges Planetengetriebe mit 2 – 6 auf einem Planetenträger (7) radial fix zueinander gelagerten Planeteneinheiten (1) zur verlust- und geräuscharmen Überleitung eines mit niedriger Drehzahl auf eine Antriebswelle (8) eingeleiteten Drehmoments auf das Sonnenritzel (4) einer Abtriebswelle (9) vergleichsweise hoher Drehzahl,

dadurch gekennzeichnet, dass

jede Planeteneinheit (1) ein geradverzahntes Planetenzahnrad (3) aufweist, das mit einem, mit der Einleitwelle (8) fest verbundenen Hohlrad (2) mit

innenliegender Geradverzahnung kämmt und mit zwei Halbrädern (5a, 5b) eines gegenläufig schrägverzahnten Doppelzahnrad (5) fest verbunden ist

und dass jede Planeteneinheit (1) Vorrichtungen besitzt, mittels derer bei der Montage der einzelnen Planeteneinheiten (1) im Planetenträger (7) das jeweils

zweite gegenüber dem ersten Halbrad (5a, 5b) zwecks gleichmäßiger Lastverteilung auf alle Planeteneinheiten in Achsrichtung u/o durch Verdrehen

um die Planetenwelle ausrichtbar und arretierbar ist.

Fig. 1a

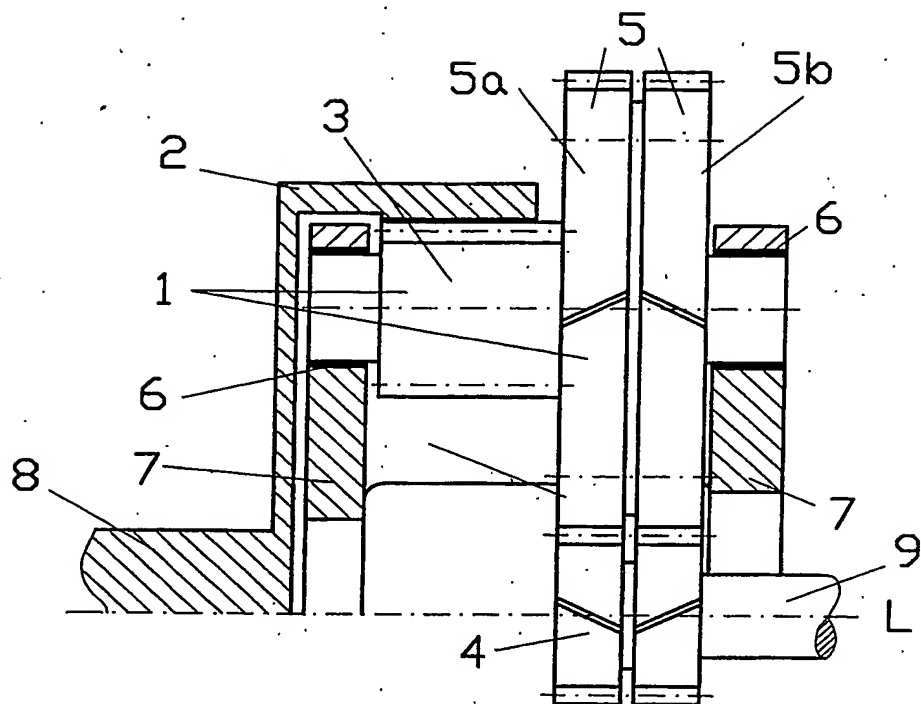


Fig. 1b

